ICS 03.220.40;13.100
R 54

中华人民共和国国家标准

GB 16636—2008
代替 GB 16636—1996,GB 17869—1999

潜水员水下用电安全规程

Code of safety for diver's use of electricity underwater

2008-06-19 发布　　2009-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… I
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　使用环境 …… 2
5　技术要求 …… 5
6　安装使用及操作 …… 7
7　应急措施 …… 11
附录 A（资料性附录）　人体安全电流 …… 12
附录 B（资料性附录）　水下安全距离 …… 14

前　言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准主要参照国际海事承包商协会(IMCA)的《水下用电安全实用规程》(AODC 035),对GB 16636—1996《潜水员水下用电安全技术规范》和GB 17869—1999《潜水员水下用电安全操作规程》整合修订,并按照GB/T 1.1—2000的要求进行编辑性的修改。

本标准代替GB 16636—1996《潜水员水下用电安全技术规范》和GB 17869—1999《潜水员水下用电安全操作规程》。本标准将GB 17869—1999的主要内容纳入GB 16636—1996,并删除了两部标准中重叠叙述的文字。

本标准的附录A和附录B为资料性附录。

本标准由中华人民共和国交通部提出。

本标准由交通部救捞与水下工程标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:上海交通大学海洋水下工程科学研究院。

本标准主要起草人:张国光、董建顺、荆岩林、王宝俭、何秀霞。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 16636—1996;

——GB 17869—1999。

潜水员水下用电安全规程

1 范围

本标准规定了与潜水员水下作业有关的各种水下电气设备，以及虽与水下作业无直接关系，但可能会对作业潜水员构成危害的各种水下电气结构、设施在用电安全方面的基本要求，包括使用环境、技术要求、安装操作，及应急措施等。

本标准适用于与潜水员有关的潜水装具、设备、系统、工具、结构设施，以及水下作业的用电安全。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 6722 爆破安全规程

GB/T 16560 甲板减压舱

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水下用电安全 safe use of electricity underwater

避免或防止各种可能由使用水下(或压力舱)电气装置所引起的对潜水员的危害(如：电击)，以及因受热导致电气绝缘材料性能下降而产生有毒、易爆产物，或因加热表面、故障设备、开关装置等产生的电弧、火花点燃某些混合气体所造成的对潜水员的损害。

3.2

潜水设备与系统 diving equipment and system

能在压力下输送潜水员进行潜水作业时所需要的整套装置与系统(包括：甲板减压舱、潜水钟、水下工作舱和人员转运舱等)和各种类型的潜水器，以及潜水员在潜水作业时应穿戴、维系或佩挂的装具(如：潜水服、水下呼吸器、脐带和通讯设备等)。

3.3

潜水员应急转运系统 diver's emergency transfer system

一种在紧急情况下转运潜水员的压力容器装置，是潜水系统的主要装备之一。潜水员应急转运系统配备有供气、电气和视听检测等装置，可与甲板减压舱对口相接。亦称：人员转运舱。

3.4

水下作业设备 underwater tool and equipment

潜水员在水下作业时所使用的各种工具、器械和仪器。

3.5

水下结构设施 underwater structure and installation

长期在水下工作的大型装置和结构，如：外加电流阴极保护系统、海底油气生产系统、海底管道和水下电缆等。

3.6

使用环境　operational environment

水下电气设备正常使用时的周围环境，如：所处环境的压力、气体、温度、湿度，以及潜水员着装情况等。

3.7

人体安全电流　body safe current

可以允许流过潜水员人体的最大电流。

3.8

水下安全距离　underwater safe distance

当水中所出现的电压梯度不会危害潜水员时，潜水员距带电体的最小距离。

3.9

水下工作舱　underwater habitat

一种设置在作业区域附近、用来完成水下焊接等工作的舱室结构。在外界海水的压力下，工作舱室的内部有一个干式且气体适度的环境。

3.10

电热潜水服　electrical-heat diving suit

通过电加热的方式，产生潜水员水下作业保暖所必需热量的潜水衣、裤、手套及帽子等。

3.11

手提设备　hand-held equipment

潜水作业期间由潜水员携带的各种小型装置，如：摄像机、水下照明灯具、手持电动工具和无损探伤(NDT)装置等。

3.12

海底设备　seabed equipment

在海底通过电力驱动为各种作业工具、设备提供动力的液压泵或动力源。

3.13

全防电潜水服　fully protective diving suit

采取完全绝缘，或完全导电，或绝缘与导电相结合等措施，避免因水中电位梯度所致电击危害的潜水服。

3.14

湿式焊接与切割　wet welding and cutting

在水中湿式环境条件下所实施的电焊和切割作业。

3.15

设闸式潜水器　lock-in-lock-out submersible

一种设有调压舱，并有自航能力的潜水器。必要时，潜水员可经调压舱调压后由水中进入潜水器，或由潜水器内出外到水中。又称：调压进出式潜水器(LILOS)。

4　使用环境

4.1　甲板减压舱和应急转运系统

4.1.1　压力：0 MPa～6 MPa，但一般在 0 MPa～3 MPa，且能以不同的速率变化。

4.1.2　环境：0 MPa～0.6 MPa 的压缩空气；或氧分压不大于 0.06 MPa 和氧浓度不大于 23%的含氧混合气。

4.1.3　温度：饱和舱内为 25 ℃～35 ℃，空气舱内为 0 ℃～50 ℃。

4.1.4　湿度：舱内相对湿度为 50%～75%，特别情况下可短暂升至 100%。

4.1.5 潜水员着装:穿着较薄的非电气保护服装。

4.2 潜水钟和设闸式潜水器

4.2.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa,且变化迅速。

4.2.2 环境:0 MPa～0.6 MPa 的压缩空气;或氧分压不大于 0.06 MPa 和氧浓度不大于 23%的含氧混合气。

4.2.3 温度:设备内为 25 ℃～35 ℃,特殊情况下可降至 10 ℃。外部在 0 ℃～30 ℃,但通常在 5 ℃～15 ℃。

4.2.4 湿度:设备内部的相对湿度较高,外部暴露于海水飞溅区,并可被海水淹没。

4.2.5 潜水员着装:穿着较薄的非电气保护服装。

4.3 水下工作舱

4.3.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa。

4.3.2 环境:0 MPa～0.6 MPa 的压缩空气;或氧分压不大于 0.06 MPa 和氧浓度不大于 23%的含氧混合气。

4.3.3 温度:内部温度 5 ℃～40 ℃,若在非常狭小的舱室内,特殊情况温度可升至 60 ℃。

4.3.4 湿度:可完全浸没在外界压力下的海水中。作业期间,相对湿度将在 70%～100%。

4.3.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服、常规焊接服或耐热服。

4.4 电热潜水服

4.4.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa,不会迅速变化。

4.4.2 环境:当潜水员进入或离开潜水钟时,环境是 0 MPa～0.6 MPa 的压缩空气;或氧分压不大于 0.06 MPa 和氧浓度不大于 23%的含氧混合气。在水面支持潜水的情况下,潜水员进入或离开海洋表面时,是常压环境。

4.4.3 温度:取决于所处深度的水温,通常在 5 ℃～15 ℃。

4.4.4 湿度:外界环境通常是海水。

4.4.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.5 载人潜水器

4.5.1 压力:内部压力保留在常压环境,外部压力取决于作业的深度。

4.5.2 环境:氧分压不大于 0.06 MPa 和氧浓度不大于 23%的含氧混合气。

4.5.3 温度:内部温度在 10 ℃～25 ℃,可短暂降至 2 ℃或升至 35 ℃。外部是所达深度的海水温度,即 0 ℃～30 ℃。

4.5.4 湿度:舱内,相对湿度较高;舱外,从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.5.5 潜水员着装:穿着普通服装或橡胶潜水服。

4.6 遥控潜水器

4.6.1 压力:一旦完全入水,其外部压力就是周围水环境的压力。所承受的压力在潜水器下水或回收时,会迅速地变化。

4.6.2 环境:设备被完全浸没在海水中。

4.6.3 温度:水温从 0 ℃～30 ℃变化。

4.6.4 湿度:外部环境是海水。

4.6.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.7 脐带

4.7.1 压力:取决于所处水深的压力,其范围 0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa。压力变化迅速。

4.7.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。

4.7.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,特殊情况下可低于 0 ℃或高达 50 ℃。

4.7.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.7.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.8 手提设备

4.8.1 压力:取决于所处水深的压力,范围为 0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa。压力变化迅速。

4.8.2 环境:大气、飞溅雾气或完全浸没在海水中,还可进入 0.6 MPa 压缩空气,或压力达 6 MPa 的氦氧混合气环境中。

4.8.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,但一般是 5 ℃～15 ℃。

4.8.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.8.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.9 海底设备

4.9.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa。

4.9.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。

4.9.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,但一般是 5 ℃～15 ℃。

4.9.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.9.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.10 湿式焊接与切割

4.10.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa。

4.10.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。

4.10.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,但一般是 5 ℃～15 ℃。

4.10.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.10.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服或重装潜水服,头盔包裹薄橡胶或绝缘薄膜,佩戴橡胶手套。

4.11 外加电流装置

4.11.1 压力:0 MPa～3 MPa。

4.11.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。

4.11.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,但一般是 5 ℃～15 ℃。

4.11.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.11.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.12 大功率设备

4.12.1 压力:0 MPa～3 MPa。

4.12.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。

4.12.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,但一般是 5 ℃～15 ℃。

4.12.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.12.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.13 水面配电设备

4.13.1 压力:常压环境。

4.13.2 环境:从干燥、温暖的空调室内条件,直至暴露的船舶甲板(风、雨、海浪及振动)。

4.13.3 温度:取决于所处环境的温度,一般在 0 ℃～50 ℃。

4.13.4 湿度:从干燥的大气直至海水飞溅区。

4.13.5 潜水员着装:穿着普通服装或橡胶潜水服。

4.14 水下爆破装置

4.14.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa。

4.14.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。

4.14.3 温度:浸没在海水中,温度为 0 ℃～30 ℃,但一般是 5 ℃～15 ℃。

4.14.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。

4.14.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。

4.15 蓄电池

4.15.1 压力:常压环境。

4.15.2 环境:完全水密。

4.15.3 温度:取决于所处环境的温度,一般是 0 ℃～50 ℃。

4.15.4 湿度:干燥。

4.15.5 潜水员着装:穿着普通服装或橡胶潜水服。

4.16 绝缘材料

4.16.1 压力:0 MPa～6 MPa,但一般在 0 MPa～3 MPa,且能以不同的速率变化。

4.16.2 环境:从干燥、温暖的空调室内条件,直至暴露的船舶甲板(风、雨、海浪及振动)。

4.16.3 温度:取决于所处环境的温度,一般是 0 ℃～50 ℃。

4.16.4 湿度:从干燥的大气直至海水飞溅区。

4.16.5 潜水员着装:穿着普通服装或橡胶潜水服。

5 技术要求

5.1 水下用电及水面配电设备的基本要求

5.1.1 水下用电设备及水面配电设备的电气装置的设计、建造、安装和试验应符合国家有关规定。

5.1.2 交流电源应通过隔离变压器供电:

a) 如来自无接地次级隔离变压器,应使用具有回路断路器的线绝缘监测器。

b) 如来自有次级接地的隔离变压器,应使用具有自动跳闸的保护装置,并有可靠的接地报警装置,限制其故障电流小于 1 A。

5.1.3 自动跳闸装置的动作响应时间不大于 20 ms,并应能由潜水监督在必要的安全检查之后重新调整。同时,这些装置还应配备可以在重新调整后由潜水监督操作的过载保护设备。

5.1.4 水下设备的电气系统不得采用其金属壳体作回路,电路中应设有能自动跳闸的保护装置来进行过载及断路保护。

5.1.5 水下设备的金属结构部件应可靠接地,接地电阻值不大于 4 Ω,且具有足够的机械强度。

5.1.6 对于潜水员水下作业使用的所有电源,应使用隔离变压器或独立的发电机。

5.2 甲板减压舱和应急转运系统

5.2.1 甲板减压舱和应急转运系统的用电电压,应符合表 1 的规定。

表 1

条　件	人体安全电流/mA	电流路径阻抗/Ω	电压/V	
			最大	额定
有自动跳闸装置的交流电	500	500	250	220
有自动跳闸装置的直流电	570	500	285	250
无自动跳闸装置的交流电	10	750	7.5	6
无自动跳闸装置的直流电	40	750	30	24
电压(V)=人体安全电流(A)×电流路径阻抗(Ω)。其中,人体安全电流的计算,参见附录 A。				

5.2.2 每一绝缘的配电系统应设有漏电检测或接地断路报警装置，绝缘电阻值不小于 5 MΩ。

5.2.3 测试设备的工作电源为交流 220 V 时，各种传感器的激励电压应不高于 10 V(典型电流为 15 mA)。对与传感器有关的仪器应有保护措施。

5.2.4 其他有关规定，按照 GB/T 16560 的有关规定。

5.3 潜水钟和设闸式潜水器

5.3.1 潜水钟和设闸式潜水器的用电电压，应符合表 1 的规定。

5.3.2 潜水钟钟内动力为直流 24 V 电源，并由安装在潜水钟外的、水面耐压容器的变压和整流电源所提供。

5.3.3 用于潜水钟外部照明的交流 220 V 电源，应由具有限制故障电流的隔离变压器和残余电流保护装置(RCD)所构成的主动保护系统提供供电保护。

5.4 水下工作舱

5.4.1 水下工作舱的用电电压，应符合表 1 的规定。

5.4.2 舱内的工作电源(如：预热电源和手提工具电源等)，应通过线绝缘监测器进行在线监测。

5.4.3 舱的脐带电缆，应通过线绝缘监视器连续监测其绝缘阻抗情况。线绝缘监测器可通过监测漏电电阻，且提供连续读数，来监测电路绝缘的变化情况。

5.5 载人潜水器

5.5.1 载人潜水器设施中电气设备的用电电压，应符合表 1 的规定。驾驶舱内只供应不大于直流 24 V 的电源用于生命支持和控制电路。

5.5.2 放置变压器和处理用于潜水器供电整流器及其控制回路的设备容器，应安置在潜水器的外部。

5.6 遥控潜水器

5.6.1 遥控潜水器使用的交流电源，应由船舶的 380 V(440 V)三相交流供电系统变压，并通过脐带电缆经隔离变压器提供。

5.6.2 遥控潜水器与潜水员联合作业时，应采取相应的安全防护措施，如：潜水员应穿着全防电潜水服进行作业。

5.7 脐带

5.7.1 脐带电缆应具有足够的拉伸强度，同时应采取措施不使其承受拉伸载荷。

5.7.2 脐带外部可能被潜水员或有关人员触及的电气设备的用电电压，应符合表 1 中给出的规定。

5.7.3 脐带中的电缆应采取主动保护措施，并将电源线接入设在水面上的隔离变压器。

5.8 手提设备

5.8.1 潜水员手提设备应坚固耐用，有可靠的绝缘性能。

5.8.2 潜水员手提设备的用电电压，应符合表 1 中给出的规定。

5.9 海底设备

5.9.1 大功率海底设备(如：抽吸挖泥泵)，电动机的电源通过脐带从水面的 380 V(440 V)三相交流供电系统提供，应确保主脐带电缆与电动机连接件的绝缘性能和接地屏蔽性能。

5.9.2 辅助海底设备作业的潜水员应佩戴绝缘手套，并采取相应的安全措施。

5.10 电热潜水服

5.10.1 电热潜水服的电阻丝应具有较高的抗疲劳强度，且结构牢靠，不易折断。电热潜水服的绝缘及导电织物应是阻燃、耐高温、无毒性的材料。

5.10.2 电热潜水服的用电电压，应符合表 2 中给出的规定。

表 2

条　　件	人体安全电流/mA	电流路径阻抗/Ω	电压/V	
			最大	额定
有自动跳闸装置的交流电	200	100	20	18
有自动跳闸装置的直流电	228	100	22.8	18
无自动跳闸装置的直流电	70	100	7	6

5.10.3　电热潜水服的头盔或气体加热器，应完全封装在可靠接地的导电屏蔽物内。

5.10.4　潜水员穿着电热潜水服进行潜水作业之前，应对电热潜水服及其电路进行严格的外观检查和电气安全性能测试，安全性能测试不合格的不得使用。

5.11　湿式焊接与切割

5.11.1　湿式焊接与切割设备的用电电压，应符合表 3 中给出的规定。

表 3

条　　件	人体安全电流/mA	电流路径阻抗/Ω	电压/V	
			最大	额定
无自动跳闸装置的直流电	40	750	30	24

5.11.2　电氧切割装置应满足以下条件：

a）　电氧割炬应设计有氧气阀，该阀应始终确保与割条绝缘。

b）　割条应具有电气绝缘层；该电气绝缘层应具有较高的抗磨损性，且不会因长期浸泡在海水中而导致绝缘性能恶化。

5.12　外加电流装置

5.12.1　外加电流装置应该在离其适当的距离处设置隔离遮栏和/或安全标志，以避免潜水员误入潜在危害的区域。隔离遮栏和/或安全标志的安全距离的计算，可参照附录 B。

5.12.2　外加电流装置的用电电压，应符合表 3 中给出的规定。并应采取相应的防护措施，防止外加电流装置系统被极化。

5.12.3　外加电流装置的直流供电电压不大于 30 V，可不设隔离遮栏和安全标志。

5.12.4　潜水员应尽可能在切断外加电流装置系统供电电源的情况下进行水下作业，否则应首先检测附近水域的电场强度，并采取相应的防护措施，方可进行水下作业。

5.13　大功率设备

5.13.1　大功率设备应该在离其适当的距离上设置隔离遮栏和/或安全标志，以避免潜水员误入潜在危害的区域。隔离遮栏和/或安全标志的安全距离的计算，可参照附录 B。

5.13.2　在潜水作业开始之前，应对大功率设备的电源情况进行详细的查询、调研和可能的危害评估，并提出必要的安全保护措施。

5.13.3　在大功率设备的现有电源供应不能中断情况下作业时，应对作业潜水员采取必要的防电击保护，以保护潜水作业者的安全。

6　安装使用及操作

6.1　水下用电安装要求

6.1.1　从事与潜水员水下作业有关的潜水设备、系统、工具和水下结构设施之电气设施安装、改造和维修的人员，应是精通电气操作程序，通晓水下工程实践的危险及问题，持有国家认可资格证书，且熟悉国

家有关规定和本标准有关内容的专业人员。

6.1.2 安装与潜水员水下作业有关的各种电气设施、装置，或临时性电气设备之前，应首先检查、确信这些电气设施、装置或设备已经达到现行国家有关规定和本标准的要求。

6.1.3 与潜水员水下作业有关的各种潜水设备、系统、工具和水下结构设施之电气设施的安装，应遵循如下要点：

a) 所有大于 6 V 的电气回路都应有相应的熔断器/回路断路器作短路保护；

b) 电气导线应具有通过全负荷电流、过载电流，以及保护装置动作时间内可能通过的故障电流的足够截面积；

c) 电气线路中的接头应可靠，并尽量减少其数量；电气连接终端应结构完整，且具有一定长度的导线尾缆；

d) 导线路径选择应避开容易出现机械损坏之处并予以固定，必要时加以某种形式的机械保护；

e) 电气线路的布线应该隔开，避免交叉回路受到破坏或造成短路；

f) 电气线路的终端箱应密闭，避免潮气侵入；

g) 不得使用共用反馈回路，每个回路都应独立工作；各个保护回路都应分开，且有醒目标志，当某一回路发生故障时，不会影响其他回路的正常工作；

h) 电气线路的标志套应安装在距终端一定距离处，以减少标志套受热可能产生的毒性物质对潜水员安全的影响；

i) 应使用性能良好的示踪标志材料，并在插头、插座、接线和印刷电路板的设计上安排足够的示踪距离，确保表面形成盐垢后仍具有相应的间隙；

j) 多股绞合电缆或柔性电缆中不得使用软焊，必要时应对布线采取相应的支撑。

6.1.4 着手进行潜水及水下作业之前，应首先查询和掌握作业水域附近环境的水下结构设施、海底装置或大功率设备的电气特征及实验状况。必要时，应制定相应的应急防范措施，以确保水下作业潜水员的安全。

6.1.5 潜水及水下作业之后，对各种潜水设备、系统、工具或水下结构设施之电气设施的检查，应满足下列要求：

a) 检查电缆的机械损害及绝缘性能，并注意相关设备的电气安全性能变化；

b) 定期检查电气线路中的主动保护装置，并将检查结果记录存档；

c) 对水下电气设施、设备的电气安全性能进行检测记录，确保其满足设计安全标准。同时，对上述电气设施、设备的任何修理，也都应记录存档。

6.1.6 与潜水员水下作业有关的各类便携式和固定式的电气设施或装置应建立相应的技术档案，由专业人员定期进行检测，并将检测结果记录存档，以确保这些电气设施或装置的所有保护结构的完整性和可靠性。

6.2 材料

6.2.1 与潜水员水下作业有关、可能会与呼吸气体回路或一般工作设备相接触的电气绝缘材料，应选择阻燃或滞燃的，且在引起失火、爆炸、电击时对人员散发的烟雾和毒性气体的潜在危害最低的绝缘材料。

6.2.2 有潜在毒性危害的电气设备，应从含有呼吸气体的空间中分离开来，以降低可能出现的毒性危害。通过限制密封空间内电气设备的量，来减少潜在毒性绝缘材料的量。在满足电气保护和电缆长度余量的前提下，选择毒性最低的绝缘材料厚度，并尽可能地缩短电缆长度。

6.2.3 与潜水员、水或呼吸气体回路相接触的舱室内部使用的电气元件，应考虑采取专门的密封容器以承受工作压力，防止任何可能出现的毒性扩散。电线、电缆应有机械保护，同时应考虑高温、以及完全被水浸没，导致绝缘材料毒性蒸发所产生的危害。

6.2.4 额定电流、电压和可能承受的故障电流，均应选择使其正常工作温度在给定绝缘材料所接受的限制内。

6.3 绝缘

6.3.1 使用电屏蔽的双层套管电缆时，应结合密封安排（比如“O”型圈及压力平衡终端等），以提高双绝缘性能。

6.3.2 电气系统的绝缘，应通过在电源至负载之间连接隔离变压器来实现。

6.3.3 在电气系统中应采取主动保护装置，避免因绝缘故障而致使潜水员触电。

6.3.4 定期严格检测电源及其应用设备的电气绝缘与密封情况，及时发现问题予以补救；对于大深度水下作业用的电缆，尤其应保证其绝缘与密封性。

6.3.5 作业中应避免电路中的导线在水面上与起重机绳索、钢平台桩腿，或船舶壳体相接触，以避免构成接地回路所引起的电击危害。

6.3.6 整个回路（变压器次级线圈，连接电缆和负载等）对地应具有较高的绝缘阻抗。同时，应限制回路对地电容，可通过限制连接变压器次级线圈至负载的电缆的最大长度实现对地电容的限制。

6.4 蓄电池

6.4.1 与潜水员水下作业有关的蓄电池的选用应符合国家有关规定。

6.4.2 蓄电池使用之前，应检查蓄电池的状况，并提供足够的短路保护。

6.4.3 蓄电池在充电、放电期间可能产生易爆氢气的危害。因此，次级电池应在水面上适当的通风区域进行充电。

6.4.4 在固定设施上，需要水下充电时，充电电压应限制在不大于起泡电压的等级之下。否则，应通过增加额外蓄电池的数量来达到所要求的工作电压。

6.4.5 除了提供无氢气与氧气复合的装置之外，应避免充电过量，避免过充电而导致电解质的转移及装置的失灵。

6.4.6 为防止因水进入蓄电池空间而产生爆炸或毒性气体混合物，蓄电池舱应完全水密，并进行必要的气密试验。

6.4.7 熔断器应尽可能地接近蓄电池，并固定、密封在蓄电池的隔层中，以避免因点燃隔层中可能存在的含氢气体而烧断熔断器。

6.4.8 蓄电池之间如可能存在相对移动，则应该使用柔性电接插件。

6.4.9 装卸蓄电池时应避免因意外的金属工具短路、电解质泄漏或溢出等而导致的电击、燃烧或漏电风险及危害。

6.5 湿式焊接与切割作业

6.5.1 实施湿式焊接与切割之前，应仔细检查焊接设备及其布置、接线、接地等是否完全符合国家有关安全技术规范等要求。

6.5.2 为保护作业潜水员，焊接回路中应设有可靠的用于切断电源的专用刀式开关或接触器，并可以随时强制切断电源。该开关应由专人掌管、操作，而且符合以下要求：

a) 能让操作者看清其开启时的接触状态；

b) 开关应可靠稳固且便于操作；

c) 开关应配有开槽的罩，确保不会因震动而自动开启；非工作状态应关闭。

6.5.3 所有焊接或切割用的电缆，应满足以下条件：

a) 如果需要并行连接，应使用具有足够横截面的多芯软线橡胶电缆；尤其是具有较大长度的电缆，应避免电缆上的压降过大；

b) 电缆的长度应在符合作业要求的前提下保持最短；

c) 电缆应该间隔捆扎排列，不要紧靠在一起；

d) 并行连接的电缆应该以同样的导程，极性对角反相排列；

e) 电缆在进入接插件处应该具有相应的保护套，减轻电缆弯曲，避免损坏；

f) 电缆应由两根完全绝缘的导线所构成，一根导线连接焊接（或切割）装置的负极终端至焊炬（或割炬），另一根导线连接在装置的正极终端搭接至工件上；应尽量避免电缆中间出现接头，所有接头都应完全可靠绝缘。

6.5.4 作业潜水员应严格遵守安全作业程序，其中包括：

a) 焊炬、割炬、电缆等应绝缘；潜水头盔及领盘的外部应涂抹绝缘漆或包裹绝缘胶；

b) 潜水员应自始至终戴绝缘手套，以提供附加安全保护；

c) 焊（或割）端部距离潜水员的手，应有一定的安全距离；使用时，焊条（或割条）不得消耗到小于最小安全长度，潜水员手到焊炬（或割炬）端部的安全距离应不小于 100 mm；

d) 所有焊接或切割设备（包括电缆、接插件和断路控制装置）使用之前应由专业人员检查，以确定其是否处于安全工作状态；

e) 应使用具有检验合格证书的断路控制装置，使用前应确认该装置处于开关供电和断开状态；

f) 工件放下或吊起之前，应对焊炬（或割炬）进行检查，确保此时焊接回路是断开的，而且焊炬（或割炬）上没有焊条（或割条）；

g) 应使用具有良好绝缘涂层的焊条（或割条），对长时间浸在水中的焊条（或割条），若涂层碎裂，应报废；

h) 焊接或切割开始之前，应检查并清除工件内外或附近的易燃物，包括固体、液体或气体；

i) 应检查工作区域上方不得有气体聚集空间，严禁在潜水钟的下方进行焊接（或切割）作业；

j) 潜水员所携带的易导电工具、物品（如：扳手和背包等），使用时应小心，避免与带电电极接触而引起触电；

k) 电源开关合上后，不得更换或固定焊条（或割条），不得将带电的焊炬（或割炬）放下或携带；

l) 焊接（或切割）设备不得拿到潜水钟或设闸式潜水器中；一旦焊炬（或割炬）发生问题，应送回水面上检查；

m) 应使用正确设计和维护的焊炬（或割炬）；焊条（或割条）应插入焊炬（或割炬）的头中，以便其能牢固地安置在焊炬（或割炬）头内的橡胶密封中；任何情况下，都不得将焊炬（或割炬）对准自己；

n) 无论是潜水照料员，还是潜水监督，都应能够直接或借助于水下电视，或通过潜水电话，随时了解潜水员所进行的焊接（或切割）作业；

o) 在水下工作舱内焊接（或切割）时，焊条（或割条）上应无附加蜡层或胶带，避免上述材料产生毒性或易燃气体。

6.5.5 只有在下述情况下才能接水下通焊接电路：

a) 潜水员已站在开始焊接（或切割）的位置上，而且站位稳定；

b) 连接工件的夹钳确实已夹紧；

c) 焊条（或割条）确实安装在焊炬（或割炬）上，而且没有指向其他潜水员，并尽可能地在工件附近；

d) 焊炬和工件之间，不得有潜水员或任何潜水装具装备，避免电场击伤；

e) 接地线应固定在尽可能靠近工件的位置上，潜水员及其所有潜水装具不得位于地线与工件之间；

f) 潜水员确信自己已经准备好了，并再次通知水面人员。

6.6 水下爆破装置

6.6.1 水下爆破使用的电气雷管，应能够避免外来无线电频率发射装置的干扰，不致于被误引爆。

6.6.2 应能防止施工环境中“杂散电流”使电雷管自动起爆的危险。

6.6.3 水下爆破作业除满足 GB 6722 的有关规定外，还应遵循如下要求：

a) 严禁在水下爆破作业的同时进行电焊、电氧切割或其他与水下爆破无关的水下作业。

b) 水下爆破之前，潜水员应撤离进行水下爆破的水域。水面人员和船舶也应撤离到安全水域。

7 应急措施

7.1 当潜水员受到电击时，潜水员应立即中止水下作业，并通知水面潜水监督要求出水。

7.2 当潜水员受到电击时，水面潜水监督人员应迅速采取如下措施：

a) 关闭与水下作业工具、设备有关的动力电源，中止水下作业，并通知潜水员出水；

b) 查询潜水员遭受电击的详细情况，并视危害程度采取相应的救护措施；

c) 检查所有与本次水下作业有关的电缆、线路及工具、设备的绝缘及安全性；

d) 检查潜水员的着装、站位及操作程序是否正确；

e) 判断出现电击的原因，并采取相应的防护措施。

7.3 当潜水员受到严重电击时，水面潜水监督人员应立刻采取如下措施：

a) 关闭所有水下作业电源(生命支持系统除外)，中止水下作业，并通知潜水员出水；

b) 令现场预备潜水员，作好随时入水救援准备，若潜水员失去控制能力，则立即救援；

c) 组织对遭受电击潜水员的紧急抢救(若需减压，则应边抢救边减压)，并转送有关医疗机构；

d) 检查所有与本次水下作业有关的电缆、线路及工具、设备的绝缘及安全性；

e) 调查导致电击事故的原因，并提交书面调查报告。

7.4 发生潜水员电击事故后，只有在排除了任何可能的电击危险，并采取了相应的防护措施后，方可重新继续水下作业。

STANDARDS PRESS OF CHINA

附　录　A
（资料性附录）
人体安全电流

A.1　电击电流

A.1.1　感知阈值 I_{GZ}

I_{GZ}(50 Hz/60 Hz 交流)0.5 mA；I_{GZ}(直流)为 2 mA。

A.1.2　摆脱阈值 I_{BT}

$I_{BT}(f<50\ \text{Hz}$ 交流) $9+31\times10^{-0.07f}$ mA；

I_{BT}(50 Hz 交流) 9 mA；

$I_{BT}(f>50\ \text{Hz}$ 交流) $8\times9+10^{-3}\times f\times\log f$ mA；

I_{BT}(直流)=40 mA。

A.1.3　最大电击电流 I_{AC}(交流电)、I_{DC}(直流电)

A.1.3.1　电击持续时间 t 为：3.5 ms<t<10 ms 和 25 ms<t<10 s 时

$I_{AC}(t)=9(1+1\times100/t)$ mA

$I_{DC}(t)=I_{AC}(t)\times\log t$ mA

A.1.3.2　电击持续时间 t 为：10 ms<t<25 ms 时

$I_{AC}(t)=I_{AC}=400$ mA

$I_{DC}(t)=I_{DC}=570$ mA

A.1.3.3　电击持续时间 t 为：t<3.5 ms 时

$I_{AC}(t)=I_{DC}(t)=5\ 200/\sqrt{t}$ mA

（上述数值，对于女性应降低 30%）

A.2　安全电流

A.2.1　安全电流曲线

图 A.1 给出的是电击持续时间与允许通过人体的电流之间的关系。

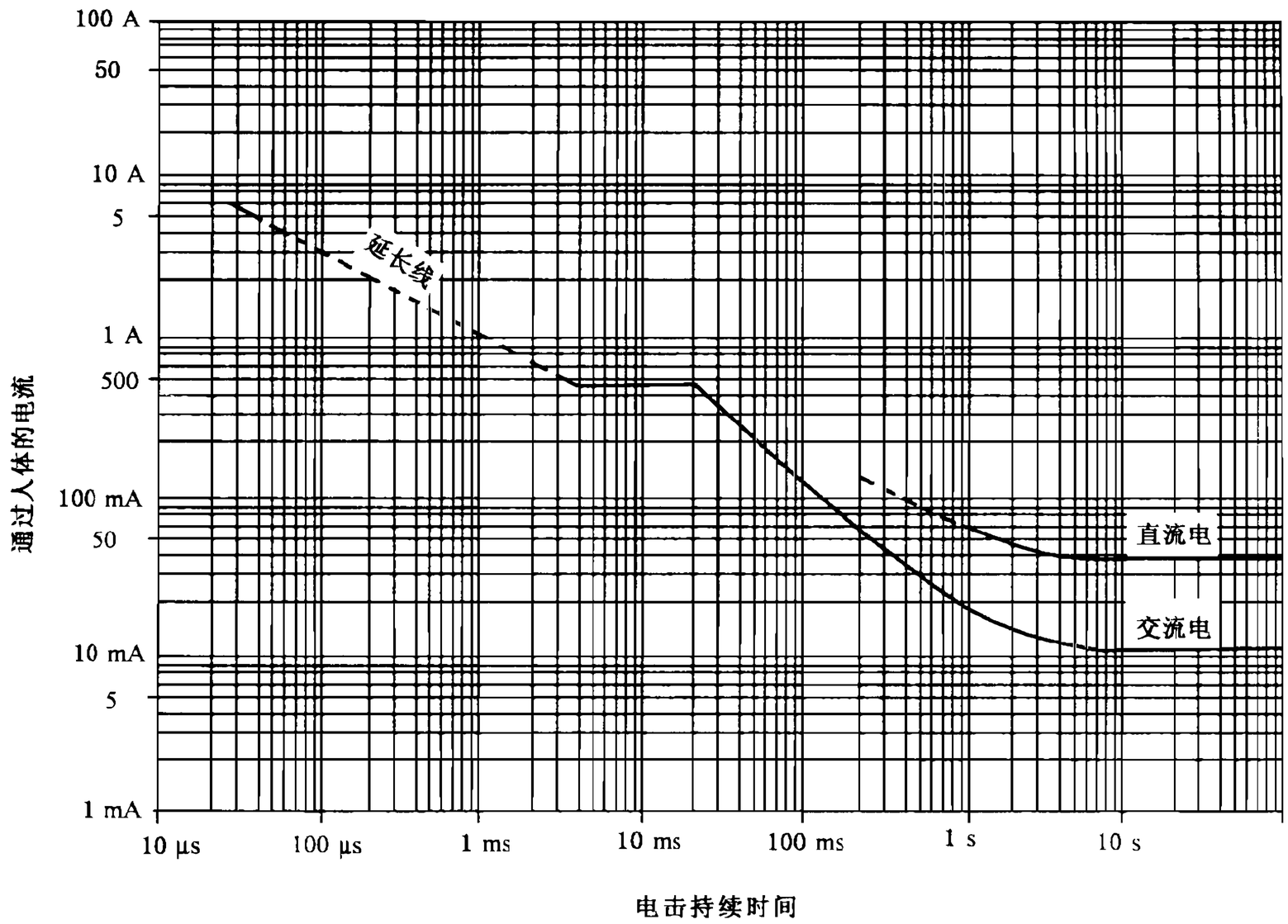

图 A.1 人体允许安全电流曲线

A.2.2 电击持续时间

如果电击持续时间超过 10 s,则应符合:

a) 使用外部设备时(即在潜水服之外的设备,如:潜水员在水下作业时所使用的各种工具、设备和仪器等),电击电流应低于阈值 I_{BT};

b) 使用内部设备时(即在潜水服内的设备,如:潜水员电热服或其他型式的电加热器、呼吸气加热,以及生理、医学监测设备和仪器等),电击电流应低于阈值 I_{GZ}。

附 录 B
（资料性附录）
水下安全距离

水下安全距离是指当水中所出现的电压梯度不会危及潜水员时，潜水员距带电体的最小距离。水下安全距离的数值大小，取决于故障电流（I_0）对人体安全电流（I_b）的比值。

对于海水环境，水下安全距离公式如下，单位为米（m）：

$$RD = [1 + (10^{-4} \cdot I_0)/I_b]^{1/2} - 1$$

对于淡水环境，水下安全距离公式如下，单位为米（m）：

$$RD = [1 + I_0/(10 \cdot I_b)]^{1/2} - 1$$

具有电压限制的无脉动直流电源将会降低安全距离。如果水下电气设备由直流电源供电，且电压不超过 30 V，此时安全距离可视为零。

GB 16636—2008

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
潜水员水下用电安全规程
GB 16636—2008
*
中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
网址 www.spc.net.cn
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 30 千字
2008年10月第一版 2008年10月第一次印刷
*
书号:155066·1-33463 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

GB 16636-2008